Journal of Plant Protection
Vol. 35, No. 3, Fall 2021, P. 321-331

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۳۱-۳۲۱

مقاله پژوهشی

تأثیر دو ماده افزودنی Scorch و Torpedo π در کارایی حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید و فلونیکامید روی شته جالیز (*Aphis gossypii Glover*) در گلخانه خیار

هادی مصلی نژاد[1*]- مریم فروزان[2]- لاله ابراهیمی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۹

چکیده

شته جالیز (پنبه) (*Aphis gossypii* Glover) یکی از مهم‌ترین آفات می باشد. مواد افزودنی (ادجوانت‌ها) باعث بهبود و افزایش کارایی آفت‌کش‌ها شده و در کاهش مصرف آنها می‌توانند تاثیر داشته باشند. در تحقیق حاضر، تاثیر دو ماده افزودنی به نام‌های Scorch و Torpedo π بر کارایی حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید و فلونیکامید روی شته جالیز در دو گلخانه خیار (کرج و ارومیه) در قالب طرح کاملا تصادفی در ۱۵ تیمار و سه تکرار انجام شد. نمونه‌برداری یک روز قبل از سمپاشی و سه، هفت و۱۴ روز پس از سم‌پاشی انجام شد. تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر متقابل تیمار در مکان معنی‌دار نیست. به عبارت دیگر تیمارهای آزمایشی در مکان‌های مختلف، پاسخ‌های مشابهی را نشان داده‌اند. بنابراین داده‌ها بر این اساس و بدون در نظر گرفتن مکان‌های مورد مطالعه (ارومیه و کرج) تجزیه آماری شدند. نتایج نشان داد که هر دو ادجوانت قادرند کارائی ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را افزایش دهند. مثلا در بازه زمانی سه روز پس از سمپاشی، کارائی تیمار ایمیداکلوپراید به تنهائی با کارائی ۸۱/۴۷ درصد در گروه آماری bc قرار گرفت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" به‌ترتیب ۹۲/۶۰ و ۹۳/۴۳ درصد کارائی (گروه آماری a) نشان دادند. با اضافه شدن ادجوانت تورپدو به ایمیداکلوپراید، وقتی که با کاهش دز حشره‌کش همراه شد، کارائی ایمیداکلوپراید به شدت کاهش یافت. بنابراین اضافه کردن تورپدو همراه با کاهش دز از ایمیداکلوپراید توصیه نمی‌شود. در عوض اضافه شدن اسکورچ، وقتی با کاهش دز ایمیداکلوپراید همراه شد، توانست کارائی ایمیداکلوپراید را در حد بالائی حفظ کند. علاوه بر آن، اضافه شدن هر دو ادجوانت به فلونیکامید، وقتی با کاهش دز این حشره‌کش همراه شد، باعث شد که کارائی در حد بالائی حفظ شود. در مجموع نتایج تحقیق حاضر می‌تواند هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی حائز اهمیت باشد چون طبق نتایج گرفته شده، می‌توان مقدار مصرف ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را تا ۲۰ درصد کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: ادجوانت، شته جالیز، ایمیداکلوپراید، فلونیکامید

مقدمه

به دلایل مختلف از جمله محدودیت منابع آبی و لزوم بهره‌وری بیشتر در بخش کشاورزی، کشت‌های گلخانه‌ای طی سال‌های اخیر، در کشور افزایش یافته و از اهمیت زیادی برخوردار شده و مورد حمایت جدی وزارت جهاد کشاورزی می‌باشد. در این راستا لازم به ذکر است که سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۸ بالغ بر ۱۱ هزار هکتار بوده که از این سطح، حدود ۲/۷ میلیون تن انواع محصولات تولید و برداشت شده است. در این بین، خیار (*Cucumis sativus* L.) با ۱/۹ میلیون تن، (تقریبا ۷۰ درصد) بالاترین تولید محصولات سبزی و صیفی گلخانه‌ای را داشته است که رتبه چهارم تولید محصولات باغبانی را به خود اختصاص داده است (۴). خیار از تیره گیاهی کدوئیان[4]، یک ساله و از مهم‌ترین سبزیجات به حساب می‌آید که ۸۰ تا ۹۰ آن‌را آب تشکیل داده و بقیه شامل مواد معدنی نظیر کوکوربیتاسین (cucurbitacin)، لیگنان‌ها (lignans) و

۱ و ۳- استادیاران پژوهشی، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: hmosalla@gmail.com)
۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

DOI: 10.22067/JPP.2021.70680.1025

4- Cucurbitaceae

فلاونوئیدها (flavonoids) می‌باشد.

شته‌ها از آفات مهم در ایران و جهان هستند که خسارت قابل‌توجهی را به محصولات کشاورزی وارد می‌کنند. در میان شته‌ها، شته جالیز یا شته پنبه (*Aphis gossypii* Glover) یکی از مهم‌ترین آفات خسارت‌زا به گیاهان تیره کدوئیان در گلخانه و مزارع است. این آفت به دلیل پراکنش وسیع و دامنه میزبانی گسترده (بیش از ۷۰۰ گونه میزبان)، دارای اهمیت اقتصادی زیادی می باشد. گیاهان تیره‌های Malvaceae, Solanaceae, Rutaceae از میزبان‌های دیگر این آفت هستند. این آفت با تغذیه از شیره گیاهی سبب ضعیف شدن گیاه شده و در صورت انبوهی جمعیت آفت، حتی به خشک شدن گیاه میزبان نیز منجر می‌شود (۴۵). انتقال انواع ویروس‌های گیاهی نظیر *Citrus Tristeza Virus*، *Watermelon Mosaic Virus* و *Cucumber Mosaic Virus* از خسارت‌های دیگر این آفت است (۲۴). گزارش‌ها نشان داده‌اند که این آفت دارای بیوتیپ‌های تخصصی وابسته به میزبان می‌باشد. به عنوان مثال از چین بیوتایپ‌های مخصوص پنبه و خیار گزارش شده است (۴۶). بیوتایپ‌های فوق با میزبان مخصوص خود سازگاری پیدا کرده و تفاوت‌های اساسی از خود نشان می‌دهند. محوریت مدیریت این آفت در کشور ما استفاده از حشره‌کش‌هاست، به‌طوری‌که مقاومت به حشره‌کش‌ها در اثر مصرف بی‌رویه آنها گزارش شده است (۴۱). براساس توصیه‌ی سازمان حفظ نباتات، حشره‌کش‌های توصیه شده علیه این آفت عبارتند از: پی متروزین (چس®)، ایمیداکلوپراید (کونفیدور®)، پریمیکارب (پریمور®) دی کلرووس، هپتنفوس و فلونیکامید (تپکی®) (۳۲).

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های مصرف‌کنندگان محصولات گلخانه‌ای، بالابودن باقیمانده آفت‌کش‌ها به خاطر تاثیرات سوء بر سلامت آنهاست. بنابراین کاهش مصرف آفت‌کش‌ها به‌ویژه در محصولات گلخانه‌ای اهمیت قابل‌توجهی داشته و لزوم تحقیق و پژوهش در این زمینه بر کسی پوشیده نیست. مواد افزودنی (ادجوانت-adjuvant=) به موادی گفته می‌شود که درصدی از مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون آفت‌کش‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. این مواد ممکن است هنگام تهیه فرمولاسیون آفت‌کش‌ها در کارخانه اضافه شوند و یا هنگام مصرف آفت‌کش‌ها به محلول سمپاشی اضافه شوند (۱۱). وقتی به فرمولاسیون آفت‌کش‌ها (علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره/کنه‌کش‌ها) اضافه شوند، باعث افزایش کارایی و اثربخشی می‌شوند. با اضافه شدن این مواد به فرمولاسیون آفت‌کش‌ها، خواص فیزیکی-شیمیائی تغییر پیدا می‌کند. بعضی از این مواد در کاهش دز مصرف آفت‌کش‌ها و یا کاهش تعداد دفعات سمپاشی نیز می‌توانند تاثیر داشته باشند. از فواید و مزایای دیگر کاربرد مواد افزودنی می‌توان به کاهش اثرات باران در شستن باقیمانده سطحی آفت‌کش‌ها (۱۴) و یا اثر هم افزایی (سینرژیستی) با آفت‌کش‌ها اشاره کرد (۳ و ۱۱). اهمیت این مواد به حدی است که روند تجاری شدن این مواد در سال‌های اخیر افزایش یافته، به‌طوری‌که بر اساس گزارش شرکت مشاوره‌ای "مارکت و دیتا[۱]" که بازارهای جهانی محصولات مختلف بازرگانی-تجاری را رصد می‌کند، میزان فروش انواع مواد افزودنی کشاورزی در جهان در سال ۲۰۱۹ ، معادل سه و چهار دهم (۳/۴) میلیارد دلار بوده و پیش‌بینی می‌شود این رقم در سال ۲۰۲۷ به حدود ۵/۳۹ میلیارد دلار برسد. به نقل از زند و همکاران (۴۸) در استرالیا بیش از ۳۰۰ نوع از انواع مختلف مواد افزودنی ثبت شده است.

بیشتر کارهای پژوهشی در حوزه مواد افزودنی در دنیا، روی علف‌کش‌ها انجام شده است (۳۳). این قاعده در کشور ما نیز تا حدودی حاکم است، به‌طوری‌که از لحاظ کاربردی، استفاده از ادجوانت‌ها همراه با علف‌کش‌ها جای خود را باز کرده و جا افتاده است. به عنوان مثال ادجوانت‌های فریگیت و سیتوویت عملا همراه با علف‌کش‌های گلایفوسیت و پاراکوات استفاده می‌شوند. اما در خصوص حشره‌کش‌ها، متاسفانه کاربرد این مواد آن طور که باید هنوز جا نیفتاده و لزوم ترویج و گسترش استفاده از این مواد، به خوبی احساس می‌شود. در راستای افزایش کارایی و مصرف بهینه آفت‌کش‌ها در کشور، استفاده از مواد افزودنی به عنوان یک راهکار مناسب می‌تواند در نظر گرفته شود .از آنجائی که انجام تحقیقات می‌تواند زمینه‌های لازم برای مصرف عملی و کاربردی این مواد را فراهم نماید، بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی تاثیر دو ماده افزودنی تورپدو-دو (Torpedo π) و اسکورچ (Scorch) روی کارایی ایمیداکلوپراید و فلونیکامید برای مدیریت شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover) در گلخانه می‌باشد. نتایج حاصل از این پروژه می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف و استفاده بهینه از حشره‌کش‌ها در گلخانه‌ها را به دنبال داشته باشد.

مواد و روش‌ها

ترکیبات شیمیایی مورد استفاده

ایمیداکلوپراید (SC٪35) با نام تجاری کونفیدور® از شرکت کاووش کیمیای کرمان و فلونیکامید (WG50%) با نام تجاری تپکی (Teppeki®) از شرکت رهااندیش‌کاوان تهیه شد. ایمیداکلوپراید از مهم‌ترین نئونیکوتینوئیدها محسوب می‌شود و خاصیت سیستمیک دارد. این ترکیبات به عنوان آگونیست استیل‌کلین عمل کرده و به گیرنده‌های نیکوتینی استیل‌کولین (nAChR)، در پس‌سیناپس پیوند می‌شوند و منجر به باز نگه داشتن غشا و ورود یون‌های سدیم و تحریک بیش از حد عصب و در نهایت مرگ حشره می‌شوند (۴۴). در

1- www.reportsanddata.com

تقسیم‌بندی کمیته بین‌المللی ایراک (IRAC)، در گروه 4A قرار دارند و تحت عنوان دقیق تر "تنظیم‌کننده‌های رقابتی گیرنده‌های نیکوتینی استیل‌کولین[۱]" معرفی شده‌اند.

فلونیکامید (Flonicamid) از حشره‌کش‌های سیستمیک است که در سال ۱۹۹۲ توسط شرکت ژاپنی ISK کشف شد اما به طور مشترک با شرکت FMC به بازار معرفی شد. این ترکیب از هر دو طریق تماسی و گوارشی عمل می‌کند اما روش گوارشی تاثیر بیشتری دارد (۳۰ و ۳۱). این حشره‌کش به طور انتخابی روی آفات مکنده، مثل شته‌ها، سفیدبالک‌ها، تریپس‌ها، زنجرک‌ها و پسیل‌ها عمل می‌کند (۲۳، ۲۲ و ۳۹). در تقسیم‌بندی کمیته بین‌المللی ایراک، در گروه ۲۹ قرار دارد و تحت عنوان دقیق تر "تنظیم‌کننده‌های اندام کوردوتونال[۲]" معرفی شده‌اند (البته نقطه هدف معینی برای آنها تعریف نشده است). این حشره‌کش در ایران برای شته جالیز خیار در گلخانه در تاریخ (۱۳۹۲/۱۲/۵) ثبت شده است (۳۲).

ادجوانت تورپدو دو (Torpedo-II): این ادجوانت ساخت شرکت فرانسوی به نام De Sangosse Ltd. می‌باشد که ترکیبی از چهار ماده به شرح زیر می‌باشد:

alkoxylated tallow amine,(210 g/kg); alcohol alkoxylate, (380 g/kg); natural fattyacids, (75 g/kg) ; polyalkylene glycol, (210 g/kg)

ادجوانت اسکورچ (Scorch): این ادجوانت نیز ساخت همان شرکت فرانسوی (De Sangosse Ltd.) می‌باشد و از موادی از گروه‌هایی نظیر: alkoxylated cocoamine)، (hydroxyethylene glycol humectant ،(acetic acid) ،(diphosphonic acid، ammonium sulphate، urea و phosphoric acid تشکیل شده است (درصد هر یک از این مواد در کاتالوگ اشاره نشده بود). هر دو ادجوانت توسط نماینده شرکت فرانسوی یاد شده در ایران تهیه شد. براساس مشخصات فنی ارائه شده توسط شرکت سازنده، این دو ماده افزودنی چندکاره[۳] هستند و ویژگی‌های عمومی مانند خیس‌کنندگی، چسبندگی، پخش کنندگی و افزایش نفوذکنندگی[۴] برای آنها ذکر شده است (از این به بعد در تمام متن مقاله از واژه‌های تورپدو و اسکورچ استفاده خواهد شد).

نحوه انجام آزمایش: این تحقیق در دو گلخانه خیار (رقم ناگین ۷۹۲) در کرج و ارومیه در فصل زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. بدین منظور آزمایشی در شرایط گلخانه‌ای در قالب طرح کاملا تصادفی در ۱۵ تیمار (به شرح زیر) و سه تکرار انجام شد. هر تکرار (هر واحد آزمایشی) شامل قطعات پنج متر مربعی بوته‌های خیار کشت شده در سطح گلخانه بود. برای نمونه‌برداری از هر واحد آزمایشی ۵ بوته و از هر بوته سه برگ انتهایی در نظر گرفته شد و جمعیت پوره و حشرات کامل روی برگ‌ها شمارش شدند. تیمارهای آزمایشی عبارتند از ۱) ایمیداکلوپراید در دز توصیه شده (نیم در هزار)، ۲) ایمیداکلوپراید+اسکورچ، ۳) ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+اسکورچ، ۴) ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+اسکورچ؛ ۵) ایمیداکلوپراید+تورپدو ؛ ۶) ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز + تورپدو ؛ ۷) ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو؛ در تیمارهای ۸ تا ۱۴ فلونیکامید، جایگزین ایمیداکلوپراید شد. تیمار شاهد (۱۵)، با آب محلول‌پاشی شد. طبق اطلاعات فنی شرکت سازنده ادجوانت‌ها، دز یک درهزار از ادجوانت‌ها استفاده شد. نمونه‌برداری از واحدهای آزمایشی، یک روز قبل از سمپاشی و ۳، ۷ و۱۴ روز پس از سم‌پاشی انجام شد. درصد کارایی هر تیمار با فرمول هندرسون-تیلتون (۱۷) تعیین شد. سم‌پاشی با استفاده از سمپاش پشتی که قبلا کالیبره شده بود، انجام شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.1) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. بین واحدهای آزمایشی یک ردیف به عنوان فاصله در نظر گرفته شد. دو ردیف نیز از طرفین گلخانه به عنوان حاشیه نیز در نظر گرفته شد.

نتایج

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار در مکان معنی‌دار نیست. مولفه‌های آماری این تجزیه عبارتند از: سه روز بعد از سمپاشی ($F=0.21; P<0.99; df=13$)، هفت روز ($F=0.88; P<0.58; df=13$) و ۱۴ روز ($F=1.24; P<0.28; df=13$) می‌باشد. به عبارت دیگر تیمارهای آزمایشی در مکان‌های مختلف، پاسخ‌های مشابهی را نشان داده‌اند. بنابراین داده‌ها بر این اساس و بدون در نظر گرفتن مکان‌های مورد نظر (ارومیه و کرج) تجزیه آماری شدند.

الف) مقایسه درصد کارایی تیمارهای آزمایشی پس از گذشت سه روز بعد از سمپاشی: با توجه به نتایج تجزیه آماری ($F=21.47; P<0.0001; df=13$) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج می‌توان گفت که در فاصله زمانی سه روز پس از سمپاشی، اضافه کردن هر دو ادجوانت به ایمیداکلوپراید باعث افزایش کارائی شد چون تیمار ایمیداکلوپراید به تنهائی در گروه آماری bc قرار داشت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" در گروه آماری a قرار گرفتند. علاوه بر آن اضافه کردن تورپدو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید باعث کاهش کارائی شد به‌طوری‌که تیمارهای

1- Nicotinic Acetylcholine Receptor Competitive Modulators
2- Chordotonal organ modulators, undefined target site
3- multi-functional adjuvant
4- penetration

"ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" کمترین کارائی را نشان دادند (گروه آماری dc و d). در خصوص کاهش دز ایمیداکلوپراید (۱۰ و ۲۰ درصد) همراه با اضافه کردن ادجوانت اسکورچ، می‌توان گفت که علی‌رغم کاهش دز، کارائی ایمیداکلوپراید در حد بالائی دیده شد.

در خصوص حشره‌کش فلونیکامید می‌توان گفت که اضافه کردن هر دو ادجوانت باعث افزایش کارائی شد، چون تیمار فلونیکامید به تنهائی در گروه آماری b قرار داشت، اما تیمار "فلونیکامید + تورپدو" و "فلونیکامید+اسکورچ" در گروه a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن هر دو ادجوانت همراه با کاهش دزهای فلونیکامید باعث کاهش کارائی نشد، بلکه تیمارهای " فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+ اسکورچ" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+ اسکورچ" همگی کارائی یکسانی با تیمار متناظر خود (بدون کاهش دز) نشان دادند.

ب) مقایسه درصد کارایی تیمارهای آزمایشی پس از گذشت هفت روز بعد از سمپاشی: با توجه به نتایج تجزیه آماری ($df=13;$ $F=37.42;\ P<0.0001$) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج می‌توان گفت که در فاصله زمانی هفت روز پس از سمپاشی، اضافه کردن هر دو ادجوانت به ایمیداکلوپراید باعث افزایش کارائی این حشره‌کش شد، چون تیمار ایمیداکلوپراید به تنهائی در گروه آماری c قرار داشت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" در گروه آماری ab قرار گرفتند. ضمنا اضافه کردن تورپدودو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید باعث کاهش کارائی شد به‌طوری‌که تیمارهای "ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" کمترین کارائی را نشان دادند (گروه آماری d). در خصوص کاهش دزهای ایمیداکلوپراید همراه با اضافه کردن ادجوانت اسکورچ، می‌توان گفت که علی‌رغم کاهش دزها، کارائی ترکیب در حد بالائی دیده شد.

در خصوص حشره‌کش فلونیکامید می‌توان گفت که اضافه کردن هر دو ادجوانت باعث افزایش کارائی شد، چون تیمار فلونیکامید به تنهائی در گروه آماری bc قرار داشت، اما تیمارهای "فلونیکامید+تورپدو" و "فلونیکامید+ اسکورچ" در گروه a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن هر دو ادجوانت همراه با کاهش دزهای فلونیکامید، باعث کاهش کارائی نشد، بلکه تیمارهای " فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+ اسکورچ"و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+ اسکورچ" همگی در یک سطح از کارائی با تیمار متناظر خود (بدون کاهش دز) قرار گرفتند.

ج) مقایسه درصد کارایی تیمارهای آزمایشی پس از گذشت ۱۴ روز بعد از سمپاشی: با توجه به نتایج تجزیه آماری ($F=20.44;$ $P<0.0001;\ df=13$) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج می‌توان گفت که در فاصله زمانی ۱۴ روز پس از سمپاشی، اضافه کردن هر دو ادجوانت به ایمیداکلوپراید باعث افزایش کارائی این حشره‌کش شد، چون تیمار ایمیداکلوپراید به تنهائی، در گروه آماری b قرار داشت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+ تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" در گروه آماری a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن تورپدودو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید باعث کاهش کارائی شد، به‌طوری‌که تیمارهای "ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" کمترین کارائی را نشان دادند (گروه آماری c). در خصوص کاهش دزهای ایمیداکلوپراید همراه با اضافه کردن اسکورچ، می‌توان گفت که علی‌رغم کاهش دزها، کارائی ترکیب در حد بالائی دیده شد.

در خصوص فلونیکامید می‌توان گفت که اضافه کردن هر دو ادجوانت باعث افزایش کارائی شد، چون تیمار فلونیکامید به تنهائی در گروه آماری b قرار داشت، اما تیمارهای "فلونیکامید+تورپدو" و "فلونیکامید+اسکورچ" در گروه a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن هر دو ادجوانت همراه با کاهش دزهای فلونیکامید، باعث کاهش کارائی نشد، بلکه تیمارهای " فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" همگی در یک سطح از کارائی با تیمار متناظر خود (بدون کاهش دز) بودند (جدول ۱).

بحث

همان‌طور که در قسمت نتایج اشاره شد، هر دو ادجوانت قادر بودند که کارائی ایمیداکلوپراید و فلونیکانید را افزایش دهند چون در همه زمان‌های پس از سمپاشی، نتایج فوق تایید شد (جدول ۱). بر اساس مشخصات فنی ارائه شده توسط شرکت سازنده، تورپدو و اسکورچ، دو ماده افزودنی چندکاره هستند که ویژگی‌های عمومی مانند خیس‌کنندگی، چسبندگی، پخش‌کنندگی و افزایش نفوذ کنندگی برای آنها ذکر شده است. بنابراین، خواص اشاره شده سبب شدند که کارائی حشره‌کش‌های مورد نظر افزایش پیدا کند. گزارش‌های نسبتا محدودی در خصوص این دو ادجوانت در دنیا گزارش شده است. در بررسی منابع، فقط سه پژوهش از لهستان گزارش شده است.

جدول ۱- میانگین درصد کارایی (±اشتباه استاندارد) تیمارهای مختلف آزمایشی علیه شته جالیز خیار (*Aphis gossypii* Glover) در ۳، ۷ و ۱۴ روز بعد از سمپاشی

Table 1- Mean percentage of efficacy (±Standard Error) in different experimental treatments against cotton-melon aphid, *Aphis gossypii* Glover in 3, 7 and 14 days after spraying

Treatments (تیمارها)	+3	+7	+14
Imidacloprid	81.47±1.92 bc	84.07±3.12 c	81.59±3.01 b
Imidacloprid + Torpedo π	92.60±1.83 a	93.94±1.41 ab	93.92±1.78 a
Imidacloprid (10% dose reduction) + Torpedo π	72.85±1.70 dc	71.99±1.04 d	71.04±2.19 c
Imidacloprid (20% dose reduction) + Torpedo π	69.41±2.40 d	70.96±1.33 d	70.19±1.70 c
Imidacloprid + scorch	93.43±1.84 a	93.26±2.02 ab	94.80±1.99 a
Imidacloprid (10% dose reduction) + scorch	93.65±1.51 a	93.45±1.56 ab	95.20±1.57 a
Imidacloprid (20% dose reduction) + scorch	94.23±1.48 a	94.02±1.38 ab	94.35±1.62 a
Flonicamid	87.08±2.96 b	87.45±1.57 bc	85.75±3.95 b
Flonicamid + Torpedo π	94.44±2.02 a	94.34±1.67 a	94.41±1.78 a
Flonicamid (10% dose reduction) +Torpedo π	93.92±2.39 a	95.41±1.92 a	93.75±1.48 a
Flonicamid (20% dose reduction) +Torpedo π	93.09±1.89 a	93.93±2.07 ab	93.21±1.74 a
Flonicamid + scorch	93.28±1.90 a	95.31±1.67 a	93.79±1.95 a
Flonicamid (10% dose reduction) +scorch	93.22±2.07 a	93.07±1.93 ab	93.94±1.94 a
Flonicamid (20% dose reduction) +scorch	94.27±1.52 a	95.26±1.78 a	93.48±1.96 a

Different letters in each column indicate a significant difference in the probability level of 0.05%.

اولی حاکی از آن بود که ادجوانت تورپدو، باعث افـزایش کـارائی علف‌کشی با نـام تجـاری هکتـور[1] بـرای کنتـرل علـف‌هـرز سـلمک (*Chenopodium album* L.) در مـزارع ذرت مـی‌شـود. بـه نقـل از نویسندگان، ادجوانـت اشـاره شـده بـا بهبـود انـدازه قطـرات محلـول سمپاشی، تأثیر قابـل تـوجهی در پوشـش سـطح بـرگ داشـت (۲۱). همچنین بر اساس دو تحقیق دیگر (۳۷ و ۳۸) انجام شده در لهستان، کاربرد تورپدو، باعث کاهش معنی‌دار باقیمانده قارچ‌کـش سیسـتمیک آزوکسی‌استروبین (azoxystrobin) و قارچ‌کش تماسـی کلروتالونیـل (chlorothalonil) در گوجه فرنگـی شـده اسـت. بـه نقـل از هـی و همکاران (۱۶) برگ‌های خیار آبدوسـت[2] هسـتند کـه مسـتعد ریـزش قطرات (دریفت) در هنگام سمپاشـی هسـتند. بنـابراین اضـافه کـردن ادجوانت‌ها، به خوبی توانسته اند این مشکل را حل کنند.

در خصوص تاثیر سایر ادجوانـت‌هـا در کـارائی حشـره‌کـش‌هـا و کنه‌کش‌ها در دنیا تحقیقات زیادی انجام شده است. مثلا کاربرد مـاده افزودنی اتوکسیلیت-پروپوکسیلیت تریسیلوگسـان[3] باعـث کـاهش ۷۰ درصـدی خسـارت کنـه تـارتن دولکـه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch) روی برگ‌های خیار شده است (۱۳). همچنـین کـاربرد مـاده افزودنی ذکر شده، باعث افزایش ۲۵ درصـدی کـارایی قـارچ بیمـارگر *Beauveria bassiana* (فرمولاسـیون تجـاری) نیـز شـد. گـزارش دیگری نشان داده است که کاربرد ماده افزودنی روغـن اسـتری کلـزا باعث افزایش کارایی حشره‌کـش اسـپیروتترامات (Movento®) روی شپشک‌های کیوی شـده و از سـوی دیگـر باعـث کـاهش باقیمانـده آفت‌کش روی محصول می‌شود (۱۲). همچنین گزارش شده است که استفاده هم زمان مـواد افزودنـی مختلـف (Silwet®, Agridex®) بـا حشره‌کش اسپینوساد (spinosad) باعث افزایش کارایی ترکیـب روی آفـت کلـم بـه نـام *Trichoplusia ni*[4] Hubner مـی‌شـود (۲۵). در تحقیق دیگری (۳)، گزارش شده است که ادجوانت سیلیکونی بـه نـام Sylgard 309 با حشره‌کش پی‌متـروزین خاصـیت سینرژیسـتی دارد. افــزایش کــارائی اســپیروتترامات (Movento®) بــا اســتفاده از ادجوانت‌های نفوذکننـده[5] (penetrating adjuvants)، بـرای کنتـرل شته سبز هلو (*Myzus persicae* Sulzer)، روی کـاهو (۳۴ و ۳۵) و گیـاه اسـفناج (*Spinacia oleracea* L.)، (۳۶) از آریزونـای آمریکـا گـزارش شـده اسـت. تحقیقـی در مصـر نیـز نشـان داده اسـت کـه ادجوانـت‌هـای Bio new film[6] و Glue، باعـث افـزایش کـارائی مالاتیون علیه تریپس پیاز (*Thrips tabaci*) شدند (۱)، به عـلاوه دز مصرف حشره‌کش را نیز به مقدار یک چهارم کـاهش دادنـد. افـزایش کارائی حشره‌کش‌های اسـتامی پرایـد (موسـپیلان®)، دیـافن‌تیـورون

1- Hector 53,6 WG (42,9% nikosulfuron 10,7% rimsulfuron)
2- hydrophile
3- Ethoxylated- propoxylated trisiloxane
4- Cabbage looper
5- Dyne-Amic, Fulvex
6- Bio new film (spreading and wetting agent)

(Diafenthiuron) و دیمتوآت با کاربرد ادجوانت اولترا (®Ultra) برای سفید بالک بمیزیا (*Bemisia tabaci* Gennadius) از پاکستان نیز گزارش شده است (۴۳).

از نیوزلند و طی یک تحقیق دو ساله (۲۸)، گزارش شده است که کاربرد اسپیروتترامات به همراه ادجوانت‌های نفوذکننده (®Engulf[1]) و یا پخش‌کننده (®Du-Wett[2]) نقش قابل‌توجهی در کاهش آلودگی میوه کیوی به شپشک ها و سپردارها در پس از برداشت دارند. در تحقیق دیگری (۲)، افزایش کارائی کلرپایریفوس (EC48%) و سی هالوترین (EC5%) علیه کرم برگخوار مصری (*Spodoptera littoralis Boisd*) با ادجوانت های Tritone KوTop Film روی لاروهای سنین دو و چهار این آفت گزارش شده است. کارائی سی-هالوترین (میانگین درصد مرگ و میر روی لاروها) به تنهائی پس از چهار روز سمپاشی حدودا بین ۳۵ تا ۴۵ درصد برآورد شد که این مقدار با اضافه کردن ادجوانت‌ها به ۱۰۰ درصد رسید. در مورد کلرپایریفوس نیز، کارائی به تنهائی پس از چهار روز، بین ۵۰ تا ۷۸ درصد برآورد شد، اما اضافه کردن ادجوانت‌ها، کارائی را به ۸۸ تا ۹۶ درصد افزایش داد. علاوه بر افزایش کارائی، ادجوانت‌ها ماندگاری اثربخشی حشره‌کش‌ها را نیز تا ۱۵ روز برای کلرپایریفوس و تا ۲۱ روز برای سی هالوترین افزایش دادند.

به طور کلی، برای آفت‌کش های سیستمیک که کار خود را پس از نفوذ به برگ انجام می‌دهند، مرحله نفوذ به برگ از اهمیت بسیار بالائی برخوردار است و پژوهش‌ها ثابت کرده‌اند که ادجوانت‌های معینی می‌توانند نفوذ به برگ را افزایش داده و لذا کارائی آفت‌کش‌های سیستمیک را بهبود بخشند. در این خصوص گزارش شده است که کارائی ایمیداکلوپراید علیه شته سبز هلو روی گیاه تنباکو، توسط دو ادجوانت به نام‌های Beichuang و Jiexiaoli از طریق نفوذ بهتر حشره‌کش، افزایش پیدا کرد (۸).

از طرف دیگر هر چه چسبندگی و میزان نفوذ آفت‌کش به برگ افزایش یابد، هدررفت آفت‌کش نیز کمتر شده و لذا موجودات غیرهدف نیز کمتر در معرض آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرند. علاوه بر این، چسبندگی بیشتر آفت‌کش به سطح برگ، باعث می‌شود که میزان تبخیر ماده موثره از سطح برگ نیز کاهش یابد. با توجه به شرایط دمائی گلخانه‌ها که ممکن است تبخیر آفت‌کش‌های مصرفی، شدت بیشتری داشته باشد، بنابراین استفاده از ادجوانت‌ها که چسبندگی محلول را افزایش می‌دهند، قطعا در کاهش تبخیر و هدررفت آفت‌کش‌ها تاثیر دارند. مطالعات قبلی این موضوع را ثابت کرده است (۱۹ و ۴۷). همچنین اوگن برادی و همکاران (۱۰)، گزارش کردند که اضافه کردن پنج ادجوانت با خاصیت چسبانندگی (Triton X-100، 17 Nu-film، ®Exhalt، ®Plant Gard و ®Plyac) به کلرپایریفوس و لیندن باعث افزایش اندکی در ماندگاری دو حشره‌کش، علیه سوسک پوست خوار کاج[3] (*Dendroctonus frontalis* Zimmermann) شدند.

یافته دیگر تحقیق حاضر این است که با اضافه شدن ادجوانت تورپدو به ایمیداکلوپراید، وقتی که با کاهش دز حشره‌کش همراه شد، کارائی ایمیداکلوپراید به شدت کاهش یافت. بنابراین اضافه کردن تورپدو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید توصیه نمی‌شود. این به این مفهوم است که دز توصیه شده ایمیداکلوپراید برای کارائی مطلوب آن ضروری است و در صورت کاهش دز، حتی در حضور ادجوانت تورپدو، کارائی ایمیداکلوپراید کاهش خواهد یافت. در این راستا، اندازه‌گیری غلظت ایمیداکلوپراید (به روش الایزا) در برگ مرکبات ثابت کرده است که غلظت حشره‌کش بایستی به اندازه کافی وجود داشته باشد تا اثر کشندگی روی پسیل آسیائی مرکبات (*Diaphorina citri*) و مینوز مرکبات (*Phyllocnistis citrella*) داشته باشد (۴۰). چنین نتیجه‌ای در مورد ادجوانت اسکورج دیده نشد، به‌طوری‌که اضافه شدن اسکورچ، وقتی با کاهش دز ایمیداکلوپراید همراه شد، توانست کارائی ایمیداکلوپراید را در حد بالائی حفظ کند. علاوه بر آن، اضافه شدن هر دو ادجوانت، وقتی با کاهش دز فلونیکامید همراه شد، باعث شد که کارائی در حد بالائی حفظ شود. یکی از دلایل این می‌تواند باشد که ماده موثره آفت‌کش‌ها، در ترکیب شدن با ادجوانت‌ها، ممکن است پاسخ‌های فیزیولوژیک مختلفی را باعث شوند. در این راستا گزارش شده است که ماده افزودنی Sylgard 309، وقتی که با حشره‌کش فیپرونیل همراه شود، سمیت آن برای زنبور عسل افزایش می‌یابد، در حالی‌که اگر با حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید، کاربوفوران (carbofuran) و متومیل (methomyl) همراه شود، سمیت برای زنبورهای عسل کاهش می‌یابد (۲۷). ضمن اینکه تفاوت در عملکرد ادجوانت‌ها، می‌تواند ناشی از ترکیبات متفاوت در مواد تشکیل دهنده آنها نیز باشد که طی مطالعات قبلی ثابت شده است (۱۵ و ۱۸).

کاهش دز مصرف حشره‌کش‌ها، می‌تواند هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی حائز اهمیت باشد، چون طبق نتایج گرفته شده، در صورت استفاده از ادجوانت‌های کار شده در این تحقیق، می‌توان مقدار مصرف ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را تا ۲۰ درصد کاهش داد. گزارشی از چین نیز نشان داده است که در مزارع گندم برای مبارزه با شته گندم (*Schizaphis graminum*)، افزودن دو نوع ادجوانت یکی از نوع ارگانوسیلیکون (organosilicone QF-LY) و دیگری از نوع روغن گیاهی متیله شده[4] به صورت مخلوط در تانک

1- Engulf (a super-spreading penetrant)
2- Du-Wett (a super-spreader)
3- bark-beetles
4- methylated vegetable oil adjuvant FFD

سمپاش، قادر است دز مصرفی ایمیداکلوپراید را تا ۲۰ درصد کاهش دهد (۲۹).

همچنین گزارش شده است که افزودن ادجوانتی به نام Glow® به اس‌فن‌والریت (esfenvalerate) و پروفنفوس (profenfos)، ضمن افزایش کارائی آنها باعث کاهش دز مصرف این دو حشره‌کش، به نصف مقدار توصیه شده می‌شود (۷). گزارش دیگری از فلوریدای آمریکا نیز حاکی از آن است که در شرایط گلخانه کاربرد ادجوانت *Silwet* L-77 قادر است که دز مصرف ایمیداکلوپراید و آبامکتین را (به میزان نصف تا یک چهارم کمترین دز توصیه شده) در مبارزه با پسیل آسیائی مرکبات (*Diaphorina citri*) کاهش دهد (۴۲). در تحقیق دیگری که در مصر روی شته حبوبات (*Aphis craccivora* Koch) انجام شد، گزارش شد که دو ادجوانت به نام‌های Sylgard 309® و Agrimax-3H® توانستند کارائی تیومتوکسام را با نصف دز توصیه شده، در شرایط مزرعه‌ای افزایش دهند (۵).

براساس نتایج این تحقیق هر دو ادجوانت قادر هستند کارائی ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را افزایش دهند. همچنین قابلیت و توانائی این ادجوانت‌ها در پائین آوردن دز مصرف حشره‌کش‌های مورد مطالعه از لحاظ برنامه‌های کاهش مصرف آفت‌کش‌ها در مدیریت تلفیقی آفات، حائز اهمیت است. اما باید در نظر داشت که عوامل دیگری مثل قیمت ادجوانت‌ها، در استفاده کاربردی و میدانی آنها توسط کشاورزان دخالت دارند که بایستی مد نظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور انجام شده است که بدین وسیله نهایت تشکر و قدردانی را داریم. از آقای دکتر علی محمدی پور به خاطر کمک در آنالیزهای آماری نیز تشکر می‌شود.

منابع

1. Abd-Allah A.A.A. 2011. Influence of some adjuvants on efficacy of certain insecticides against onion thrips, *Thrips tabaci* (LIND.) infesting onion and garlic plants. Journal of Plant Protection and Pathology 2: 169-178.
2. Abdelgaleil S.A., Abdel-Aziz N.F., Sammour E.A., El-Bakry A.M., and Kassem S.M. 2015. Use of tank-mix adjuvants to improve effectiveness and persistence of chlorpyrifos and cyhalothrin formulations. Journal of Agricultural Science and Technology 17(6): 1539-1549.
3. Acheampong S., and Stark J.D. 2004. Effects of the agricultural adjuvant Sylgard 309 and the insecticide pymetrozine on demographic parameters of the aphid parasitoid, *Diaeretiella rapae*. Biological Control 31(2): 133-137.
4. Ahmadi K., Ebadzadeh H., Hatami F., Hosseinpour R., and Abdshah H. Iran agricultural statistics of 2019. Ministry of Agricultural Jihad. 163 pp.
5. Aioub A.A., Omar A.E., and El-Sobki A.E.A. 2015. Filed evaluation of thiamethoxam insecticide and its mixtures with certain adjuvants in controlling leguminous aphid, *Aphis craccivora* (koch) and their residues in plants and soil. Zagazig Journal of Plant Protection Research 42(4): 835-841.
6. Barbosa P.R., Michaud J.P., Bain C.L., and Torres J.B. 2017. Toxicity of three aphicides to the generalist predators *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). Ecotoxicology 26(5): 589-599.
7. Betana M.D.M.A., Hussein and EL-Kadi A.M.A. 2004. Influence of some adjuvants on physico-chemical properties, effectiveness, and pesticides formulations. Journal of Agricultural Science, Mansoura 29(4): 2105-2116.
8. Chen H., Zhang Y., Zhang H., and Ding W. 2014. Synergistic effect of imidacloprid combined with synergistic agents (Beichuang, Jiexiaoli) on *Myzus persicae*. International Journal of Pest Management 60(3): 201-207.
9. Colomer I., Aguado P., Medina P., Heredia R.M., Fereres A., Belda J.E., and Viñuela E. 2011. Field trial measuring the compatibility of methoxyfenozide and flonicamid with *Orius laevigatus* Fieber and *Amblyseius swirskii* in a commercial pepper greenhouse. Pest Management Science 67(10): 1237-1244.
10. Eugene Brady U., Wayne Berisford C., Thomas Hall L., and Joseph Hamilton S. 1980. Efficacy and persistence of chorpyrifos, chorpyrifos-methyl, and lindane for preventive and remedial control of the southern pine beetle. Journal of Economic Entomology 73(5): 639-641.
11. Foy C.L. 1996. Adjuvants–current trends and technology. Pesticide formulation and adjuvant technology, Eds. C. L. Foy and D. W. Pritchard, CRC Press. pp. 323–352.
12. Gaskin R.E., Horgan D.B., and Manktelow D.W. 2010. Adjuvant effects on the retention and uptake of spirotetramat insecticide sprays on kiwifruit. New Zealand Plant Protection 63: 60-65.
13. Gatarayiha M.C., Laing M.D., and Miller R.M. 2010. Effects of adjuvant and conidial concentration on the efficacy of *Beauveria bassiana* for the control of the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Experimental and Applied Acarology 50(3): 217-29.

14. Gautam B.K., Little B.A., Taylor M.D., Jacobs J.L., Lovett W.E., Holland R.M., and Sial A.A. 2016. Effect of simulated rainfall on the effectiveness of insecticides against spotted wing drosophila in blueberries. Crop Protection 81: 122-128.
15. Green J.M., and Beestman G.B. 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. Crop Protection 26(3): 320-327.
16. He L., Ding L., Zhang P., Li B., Mu W., and Liu F. 2021. Impact of the equilibrium relationship between deposition and wettability behavior to the high-efficiency utilization of pesticides. Pest Management Science 77: 2485–2493.
17. Henderson CF., and Tilton EW. 1955. Tests with Acaricides against the brown wheat mite. Journal of Economic Entomology 48: 157–161.
18. Holloway P.J. 1998. Improving agrochemical performance: possible mechanisms for adjuvancy. Chemistry and technology of agrochemical formulations, Ed. Knowles D. A., Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. pp. 232-263.
19. Houbraken M., Senaeve D., Fevery D., and Spanoghe P. 2015. Influence of adjuvants on the dissipation of fenpropimorph, pyrimethanil, chlorpyrifos and lindane on the solid/gas interface. Chemosphere 138: 357-363.
20. Jeschke P., Nauen R., and Beck M.E. 2013. Nicotinic acetylcholine receptor agonists: a milestone for modern crop protection. Angewandte Chemie International Edition 52(36): 9464-9485.
21. Kierzek R., Wachowiak M., Krawczyk R., and Ratajkiewicz H. 2014. Effect of spray nozzle type and adjuvants on herbicide activity in maize. Problems of Agricultural Engineering Journal 2(84): 29-39. (In Polish with English abstract)
22. Kodandaram M.H., Kumar Y.B., Banerjee K., Hingmire S., Rai A.B., and Singh B. 2017. Field bioefficacy, phytotoxicity and residue dynamics of the insecticide flonicamid (50 WG) in okra (*Abelmoschus esculenta* (L) Moench). Crop Protection 94: 13-19.
23. Kumar V., Jindal V., Kataria S.K., and Pathania M. 2019. Activity of novel insecticides against different life stages of whitefly (*Bemisia tabaci*). Indian Journal of Agricultural Sciences 89(10): 1599-1603.
24. Kunjwal N., and Srivastava R.M. 2018. Insect pests of vegetables. Pests and their Management, Ed. Omkar (2018) Springer, Singapore. pp. 163-221.
25. Larson L.L. 1997. Effects of adjuvants on the activity of Tracer™ 480SC on cotton in the laboratory, 1996. Arthropod Management Tests 22: 415-416.
26. Liu T.X., and Stansly P.A. 2000. Insecticidal activity of surfactants and oils against silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) nymphs (Homoptera: Aleyrodidae) on collards and tomato. Pest Management Science 56(10): 861–866.
27. Mayer D.F., and Lunden J.D. 1994. Effects of the adjuvant Sylgard 309 on the hazard of selected insecticides to honey bees. Bee Science 3(3): 135-138.
28. McKenna C., Gaskin R., Horgan D., Dobson S., and Jia Y. 2013. Efficacy of a postharvest spirotetramat spray against armoured scale insects on kiwifruit vines. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 41(3): 105-116.
29. Meng Y., Lan Y., Mei G., Guo Y., Song J., and Wang Z. 2018. Effect of aerial spray adjuvant applying on the efficiency of small unmanned aerial vehicle for wheat aphids control. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 11(5): 46-53.
30. Morita M., Ueda T., Yoneda T., Koyanagi T., and Haga T. 2007. Flonicamid, a novel insecticide with a rapid inhibitory effect on aphid feeding. Pest Management Science 63(10): 969-973.
31. Morita M., Yoneda T., and Akiyoshi N. 2014. Research and development of a novel insecticide, flonicamid. Journal of Pesticide Science 39(3): 179-180.
32. Noorbaksh S. 2019. List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, pesticides and recommended methods to control them. PPO publication. 197 pp.
33. Pacanoski Z. 2015. Herbicides and adjuvants. Intech Open Science 125-147.
34. Palumbo J.C. 2009. Influence of adjuvants and Movento spray timing on aphid contamination in head lettuce. Arthropod Management Tests, ESA, Vol 34, E34.
35. Palumbo J.C. 2010. Efficacy of Movento and adjuvant combinations for pre-harvest control of lettuce aphid in romaine lettuce. Arthropod Management Tests, ESA, Vol 35, E33.
36. Palumbo J.C. 2011. Influence of adjuvants and spray timing of Movento on aphid contamination and crop injury in Baby Spinach. Plant Health Progress 12(1): 10.
37. Ratajkiewicz H., Kierze R., Raczkowski M., Kulas A.H., Łacka A., Wójtowicz A., and Wachowiak M. 2016. Effect of the spray volume adjustment model on the efficiency of fungicides and residues in processing tomato. Spanish Journal of Agricultural Research 14(3): 23-31.
38. Ratajkiewicz H., Kierzek R., Raczkowski M., Kulas A.H., Łacka A., and Szulc T. 2018. The effect of coarse-droplet spraying with double flat fan air induction nozzle and spray volume adjustment model on the efficiency of fungicides and residues in processing tomato. Spanish Journal of Agricultural Research 16(1): 22-32.

39. Roditakis E., Fytrou N., Staurakaki M., Vontas J., and Tsagkarakou A. 2014. Activity of flonicamid on the sweet potato whitely *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. Pest Management Science 70(10): 1460-1467.
40. Sétamou M., Rodriguez D., Saldana R., Schwarzlose G., Palrang D., and Nelson S.D. 2010. Efficacy and uptake of soil-applied imidacloprid in the control of Asian citrus psyllid and a citrus leaf miner, two foliar-feeding citrus pests. Journal of Economic Entomology 103(5): 1711-1719.
41. Seyedebrahimi S.S., Talebi Jahromi K., Imani S., Hosseininaveh V., and Hesami S. 2016. Resistance to imidacloprid in different field populations of *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) in South of Iran. Journal of Entomological and Acarological Research 48: 6-10.
42. Srinivasan R., Hoy M.A., Singh R and Rogers M.E. 2008. Laboratory and field evaluations of Silwet L-77 and kinetic alone and in combination with imidacloprid and abamectin for the management of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. Florida Entomologist 91(1): 87-100.
43. Tariq K., Ali R., Butt Z. A., Ali A., Naz G., Anwar Z., and Shah J.A. 2016. Comparative efficacy of different insecticides alone and along with adjuvant against cotton whitefly, *Bemisia tabaci* in Multan, Pakistan. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 16: 1424-30.
44. Tomizawa M., and Casida J.E. 2005. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. Annual Review of Pharmacology and Toxicology 45: 247-268.
45. Van Emden H.F., and Harrington R. 2017. Aphids as crop pests, second edition. CABI. 450 pp.
46. Wang L., Zhang S., Luo J.Y., Wang C.Y., Lv L.M., Zhu X.Z., and Cui J.J. 2016. Identification of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) biotypes from different host plants in North China. PLoS One 11(1): e0146345.
47. Xu L.Y., Zhu H.P., Ozkan H.E., Bagley W.E., Derksen R.C., and Krause C.R. 2010. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. American Society of Agricultural and Biological Engineers 53(1): 13-20.
48. Zand E., Aliverdi A., Hammami H., and Heidari A. 2013. Adjuvants, oils, surfactants and other additives for farm chemicals. 94 pp. (translation in Persian)

Journal of Plant Protection
Vol. 35, No. 3, Fall 2021, P. 321-331

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۳۱-۳۲۱

Effects of Two Adjuvants (Scorch and Torpedo π) on Efficacy of Imidacloprid and Flonicamid to Control the *Aphis gossypii* Aphid in Greenhouse Cucumber

H. Mosallanejad[1*]- M. Forouzan[2]- L. Ebrahimi[3]
Received: 02-06-2021
Accepted: 30-06-2021

Introduction: Cucumber, *Cucumis sativus* L. is one the most important economic vegetables crop cultivated in Iran and many countries of the world. The cotton-melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), is one of the most destructive polyphagous pests of Cucurbitaceae plants in greenhouses and open fields. *A. gossypii* can cause severe damage in commercial fields. The honeydew that aphid excretes decreases the photosynthetic activity of plants and contaminates fruit, resulting in severely reduced quality. Moreover, *A. gossypii* can transmit more than 80 type of viral diseases that can cause substantially greater losses than the damage from direct feeding of the insect. The focus of the control methods against this pest in our country is the use of insecticides. Additionally, *A. gossypii* has developed different levels of resistance to many insecticides. Agricultural adjuvants can improve the efficacy of pesticides and can be effective in reduction of pesticides use. In the current research, the effects of two adjuvants (Scorch and Torpedo π) on efficiency of imidacloprid (SC35%) and flonicamid (WG50%) to control this aphid were investigated on cucumber in greenhouse. These two insecticides have systemic property doing their job after leaf penetration. It is known that the leaf penetration step is very determinative for systemic pesticides. Besides, Scorch and Torpedo π are multi-functional adjuvant, showing penetration, wetting, adhesion and spreading properties.

Materials and Methods: The project was performed based on a completely randomized design with 15 treatments and 3 replicates. The efficacy in the sampling units was recorded at 1, 3, 7 and 14 days after treatment. The treatments were: 1) imidacloprid (recommended dose); 2) imidacloprid+Scorch; 3) imidacloprid+Torpedo π; 4) imidacloprid (10% reduction of dosage)+Scorch; 5) imidacloprid (20% reduction of dosage)+Scorch; 6) imidacloprid (10% reduction of dosage)+Torpedo π; 7) imidacloprid (20% reduction of dosage)+Torpedo π. Flonicamid was replaced by imidacloprid in the treatments 8 to 14. The control treatment (No. 15) was sprayed by water only. The efficacy was calculated using the Henderson and Tilton formula. Statistical analysis was performed using the SAS software **(**ver. 9.1**).** One row was considered as the distance between the experimental units. Two rows on either side of the greenhouse were also considered as margins.

Results and Discussion: The combine analysis of variance showed that interaction of treatment × place was not significant, meaning that the experimental treatments had the same respond in different locations. Therefore, the data were statistically analyzed based on this, without considering the locations (Urmia and Karaj). The results showed that both adjuvants were able to improve the efficacy of imidacloprid and flonicamid, as it was confirmed at all times after spraying. For example, three days after spraying, the efficacy of imidacloprid alone was estimated at 81.47%, while "imidacloprid + Torpedo" and "imidacloprid + Scorch" were estimated at 92.60% at 93.43%, respectively. Similarly, seven days after spraying flonicamid alone showed 87% efficiency, whereas the treatment of "flonicamid+Torpedo" and "flonicamid+Scorch" exhibited 94.34% and 95.31%, respectively. When Torpedo π was used in combination of reduced doses of imidacloprid, the efficacy was severely reduced. Thus, the addition of Torpedo π is not recommended with reduced doses of imidacloprid. Instead, adding the Scorch when reducing the imidacloprid dosage, the efficacy was remained as high. For example, three days after spraying, "Imidacloprid with 10% dose reduction + Scorch" and "Imidacloprid with 20% dose reduction + Scorch" treatments were 93.65% and 94.23% efficacy, respectively. Besides, by reducing the flonicamid dosage and adding both adjuvant, the efficiency was as high as to the treatment using the recommended dosage. For example, 14 days after spraying, flonicamid with 10% dose reduction + Scorch and

1 and 3- Assistant Research Professors at Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: hmosalla@gmail.com)
2- Assistant Research Professor at Plant Protection Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran
DOI: 10.22067/JPP.2021.70680.1025

flonicamid with 20% dose reduction+ Scorch showed 93.94% and 93.48% efficacy, respectively. Our results can be important from both economic and environmental point of view, as the obtained results indicated that imidacloprid and flonicamid dosage can be reduced by 20%. However, it should be keep in mind that other factors, such as the price of adjuvants, are involved in their practical and field use by farmers, which should be taken into account.

Keywords: Adjuvants, *Aphis gossypii*, Efficacy, Imidacloprid, Flonicamid